



EVALUATION DES ENJEUX ET DE L'IMPACT DES TRAVAUX D'ENTRETIEN PAR CURAGE SUR LE RESEAU DE FOSSES TERTIAIRE DE L'UHC DE BROUE (MARAIS DE BROUAGE) COMME HABITAT D'HIVERNAGE DE LA CISTUDE D'EUROPE *EMYS ORBICULARIS*

Charente-Maritime – Nouvelle-Aquitaine

Février 2021 – Novembre 2022

RAPPORT TECHNIQUE



Evaluation des enjeux et de l'impact des travaux d'entretien par curage sur le réseau de fossés tertiaire de l'UHC de Broue (Marais de Brouage) comme habitat d'hivernage de la Cistude d'Europe *Emys orbicularis*

Février 2021 – Novembre 2022

RAPPORT TECHNIQUE



Etude réalisée pour :
Syndicat Mixte de la Charente Aval
3 avenue Maurice Chupin – BP 50224 – 17304 ROCHEFORT CEDEX



Rédaction : Naïs AUBOUIN et Mélanie DARNAULT (NE17)



Nature Environnement 17
2 avenue Saint Pierre
17 700 SURGERES

 05 46 41 39 04
 n.environnement17@wanadoo.fr
www.ne17.fr

SOMMAIRE

I	Introduction	2
II	Matériel et méthodes.....	3
1.	Zone d'étude.....	3
2.	La Cistude d'Europe	5
a.	Systématique.....	5
b.	Morphologie.....	5
c.	Cycle d'activité	5
d.	Déplacements	7
e.	Répartition	7
f.	Statuts de protection	10
3.	Méthodologie	10
4.	Analyse des données.....	11
a.	Analyses spatiales	11
b.	Analyses statistiques	11
III	Résultats.....	12
1.	Observations de Cistude d'Europe.....	12
2.	Influence des facteurs environnementaux	13
3.	Evaluation des enjeux en sortie d'hivernage	18
IV	Discussion.....	21
1.	Influence des facteurs environnementaux	21
2.	Evaluation des enjeux	22
3.	Impact du curage	22
V	Conclusion.....	23
	Bibliographie	24
	Annexe.....	21

I INTRODUCTION

Situé sur la façade Ouest de la Charente-Maritime, et intégré au bassin versant de la Charente, le marais de Brouage est un territoire façonné par l'homme au cours du temps. Utilisé pour l'exploitation salicole principalement entre le XI et XVI siècle, les salines ont peu à peu été abandonnées et ont laissé place aux prairies, permettant le développement de l'élevage dès le XIXème siècle.

Ses petites parcelles ouvertes et délimitées par des canaux constituent non seulement l'un des paysages emblématiques du département, mais également un réservoir pour la biodiversité du territoire. Vaste zone humide d'environ 20 000 ha, le marais de Brouage accueille une flore et une faune riche et patrimoniale, qui se répartissent et se déclinent selon les gradients d'humidité et de salinité. En témoignent les différents périmètres de protection et d'inventaires dont il fait l'objet : Sites Natura 2000 Marais de Brouage – Oléron (FR5410028) et Marais de Brouage et marais nord d'Oléron (FR5400431), ZNIEFF 2 Marais de Brouage et marais nord d'Oléron, ZNIEFF 1 Marais de Brouage – Saint-Agnant, et Echappée nature (Espace Naturel Sensible) Marais de Brouage.

Le comblement naturel des fossés limite le drainage des parcelles et peut impacter l'activité d'élevage, principale activité économique du territoire. C'est pourquoi le Marais de Brouage fait régulièrement l'objet de campagnes de curage de ces fossés. Autrefois manuel, le curage mécanique est désormais de mise. Jusqu'alors réalisés individuellement par les propriétaires et exploitants des parcelles, ces campagnes ne faisaient l'objet ni de coordination à l'échelle du territoire, ni d'études ou suivis environnementaux. En vue de l'amélioration des pratiques, le Syndicat Mixte Charente Aval a désiré porter cette coordination, et a souhaité améliorer la prise en compte des espèces protégées lors de ces opérations de curage. Un certain nombre d'études ont donc été commandées par la structure sur différents taxons pouvant être impactés par les opérations de curage prévues en 2021 et 2022 sur les fossés du réseau tertiaire des UHC de Broue, Marennes et Reux Nord.

La Cistude d'Europe, tortue palustre protégée, inscrite aux annexes II et IV de la Directive Habitat Faune Flore, et faisant l'objet d'un plan national d'action, est une espèce emblématique du Marais de Brouage. Les fossés du marais de Brouage constituent un habitat incontournable pour cette population de Cistude, et cela tout au long de son cycle de vie. Le curage des fossés tertiaires implique au moins 2 impacts identifiés sur la Cistude d'Europe :

- 1) L'impact sur les individus pendant l'action de curage, notamment par destruction directe.
- 2) L'impact sur l'habitat d'hivernage de la Cistude

Lé présente étude a pour objectif de traiter de l'impact 2) sur l'habitat d'hivernage de la Cistude.

Le réseau de fossés tertiaire est particulièrement utilisé comme site d'hivernage (NE17, 2014) par la Cistude. Il est donc nécessaire de quantifier et limiter (grâce au respect des préconisations) l'impact sur cet habitat d'espèce. La quantification de cet impact est l'objet de l'étude menée en sortie d'hivernage sur les UHC de Broue, Marennes et Reux Nord. L'important linéaire concerné a nécessité le compartimentage de l'étude en plusieurs lots. Ainsi, l'étude sur les UHC de Marennes et Reux Nord est menée par le bureau d'étude Eau-Méga, dont les résultats ne figurent pas dans ce rapport. Nature Environnement 17 a quant à elle réalisé l'étude sur l'UHC de Broue, dont les résultats sont présentés

dans ce rapport. En amont cependant, et au vu des connaissances sur la répartition de l'espèce en marais de Brouage, il a été décidé d'annuler les opérations de curage sur une bande de 200 mètres en pied des coteaux bordant l'UHC de Broue. Cette zone n'étant pas soumise aux travaux, elle ne fait pas l'objet de cette étude.

Le présent rapport fait donc l'état initial de l'occupation en sortie d'hivernage par la Cistude d'Europe d'une partie du réseau tertiaire afin de pouvoir estimer l'impact des travaux sur cette population, à cette période de l'année. Les conclusions rédigées dans ce rapport ne peuvent être extrapolées à d'autres périodes de l'année.

II MATERIEL ET METHODES

1. Zone d'étude

En raison de l'important linéaire concerné et de l'impact potentiel (objet de la présente étude) sur les habitats d'hivernage de la Cistude d'Europe et sur la biodiversité du marais de Brouage de manière générale, il a été décidé de répartir la campagne de curage sur deux années, avec le curage du réseau majeur (35 631 mètres) en 2021 (et non 33 312 mètres comme annoncé initialement) et celui du réseau mineur (37 126 mètres) en 2022.

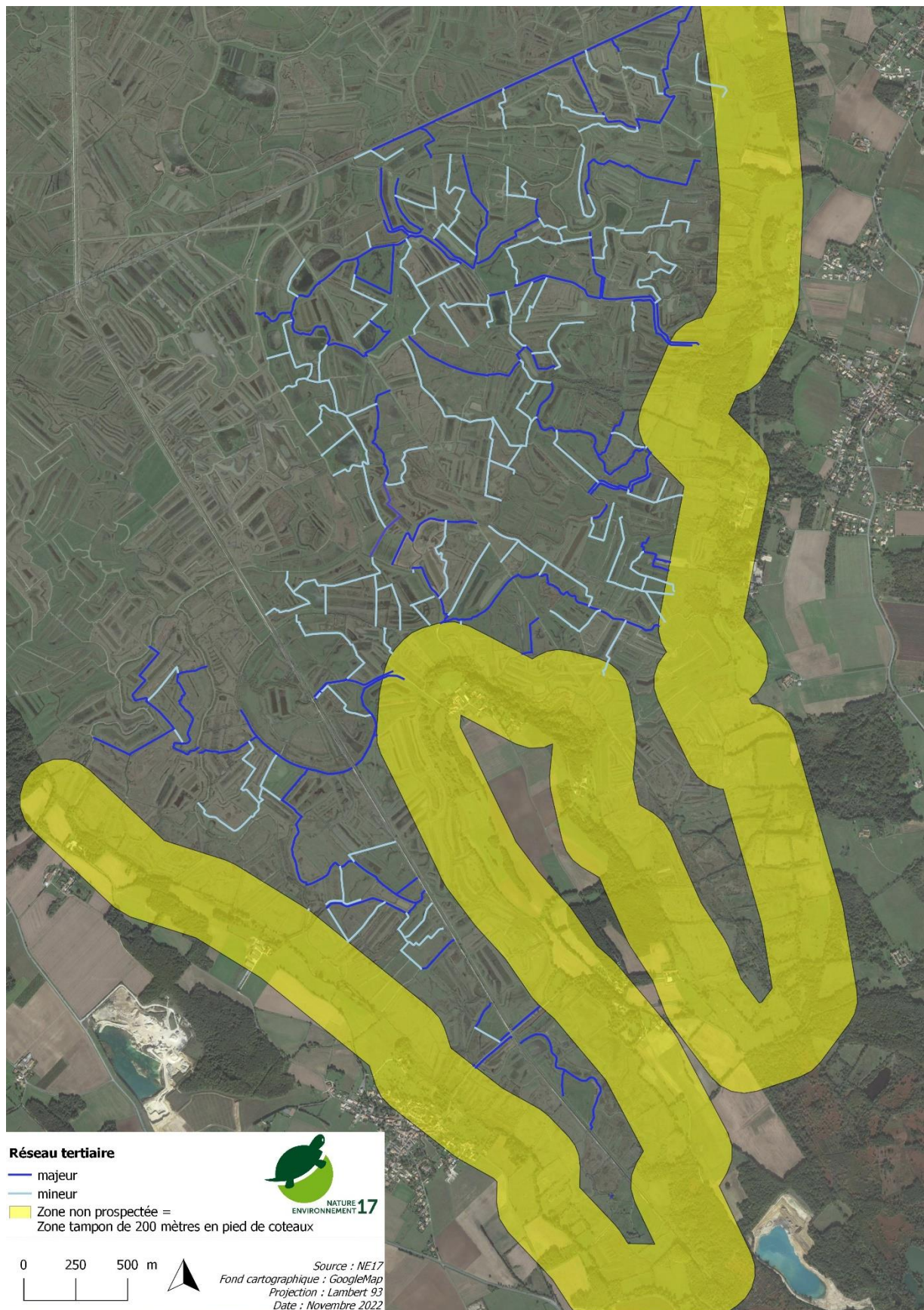


Figure 1 : Localisation des fossés prospectés en 2021 (réseau tertiaire majeur), en 2022 (réseau tertiaire majeur et mineur) et en 2023 (réseau mineur)

2. La Cistude d'Europe

a. Systématique

- ✚ Règne : Animal
- ✚ Embranchement : Vertébrés
- ✚ Classe : Reptiles
- ✚ Ordre : Chéloniens
- ✚ Famille : Emydides
- ✚ Genre : *Emys*
- ✚ Espece : *orbicularis*

L'espèce *Emys orbicularis* compte 14 sous-espèces connues qui se distinguent par des critères morphologiques (Fritz, 1998 ; Fritz & Andreas, 2000). En Poitou-Charentes, la seule sous-espèce connue à l'heure actuelle est *E. o. orbicularis*.

b. Morphologie

La Cistude d'Europe est une tortue d'eau douce à carapace peu bombée. Cette dernière ainsi que le corps, la tête et les pattes sont sombres, plus ou moins ponctués ou lignés de jaune. Le plastron, composé de 12 écailles symétriques par rapport à un axe longitudinal, présente une coloration variable comprenant généralement du jaune ou du orange et du noir. En raison du dimorphisme sexuel, mâles et femelles peuvent être différenciés, parfois même à distance.

c. Cycle d'activité

Hivernation et période d'activité

La Cistude est un animal ectotherme. Sa température interne varie selon la température extérieure. Ainsi, son activité est principalement conditionnée par l'ensoleillement. Elle hiverne généralement d'octobre à mars. Cette latence hivernale s'effectue soit dans la vase au fond de l'eau, soit dans des trous dans la berge (Naulleau, 1991). Des déplacements lors de cette période ont été observés grâce au suivi télémétrique (Parde *et al.*, 2000). Dès le mois de février, la Cistude sort de sa léthargie et commence à thermoréguler au soleil et à l'abri du vent, une partie de la journée. Elle se réfugie dans l'eau à la moindre alerte où lorsque la température de l'air change (Duguy & Baron, 1998).

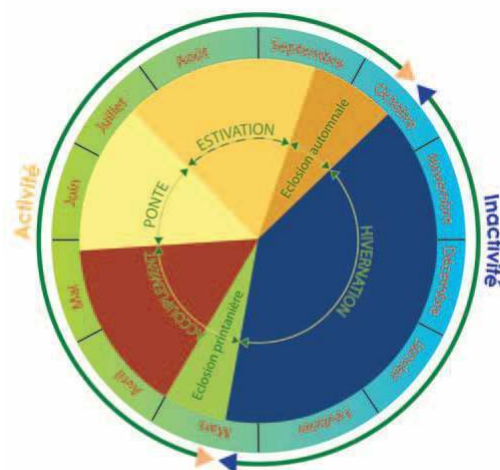


Figure 2 : Cycle d'activité de la Cistude d'Europe (Cistude Nature, 2009)

Dans le marais de Brouage, Duguay & Baron (1998) notent une période d'activité s'étalant de fin février à début octobre. Les mâles sont alors nettement plus nombreux que les femelles lors des sorties de printemps, alors que celles-ci dominent en saison estivale (Ibidem).

Les premières observations de mâles dans l'année ont été réalisées par une température de 11,5°C alors que la température de l'eau n'excédait pas 10°C. Durant la journée, la plage horaire optimale pour l'observation d'individus en thermorégulation varie en fonction des saisons et de l'ensoleillement. De fin février à avril, ainsi qu'en septembre et octobre, les sorties ont majoritairement lieu en début d'après-midi, tandis qu'en période estivale, on distingue 2 périodes : l'une en fin de matinée avec un maximum vers 10-11h00 et la seconde en fin d'après-midi vers 16-18h00. Les mêmes auteurs mentionnent une phase d'activité maximale entre mai et juin, pendant laquelle le plus grand nombre d'individus en thermorégulation sont observés. Ils constatent des fréquentations différentes des fossés selon les mois de l'année.

Les observations de premières sorties de printemps, révélant les lieux d'hivernation, sont ainsi réalisées essentiellement sur les fossés à la périphérie du marais (à l'interface avec les terres hautes), caractérisés par une profondeur de moins d'un mètre au printemps, des branches semi immergées et une bonne protection des vents du nord. En saison estivale, les fossés dont la profondeur est inférieure à 30 cm ne sont plus fréquentés par les Cistudes (Ibidem).

Reproduction et ponte

Duguay & Baron (1998) observent dans le marais de Brouage des accouplements étalés entre le 30 mars et le 8 octobre avec un pic d'activité sexuelle en avril-mai. La première femelle gravide a été contrôlée le 27 avril, alors que la plus tardive l'a été le 11 juillet. Cependant, 91,6% des femelles contrôlées gravides pour la première fois l'ont été durant la première décade de juin. La saison de ponte s'étend de début mai à la mi-juillet avec un pic de ponte observé en juin (Ibidem).

Thirion *et al.* (2004) notent, dans le marais de Brouage, un préférendum pour la ponte sur pelouses xériques sur sable cénomaniens pâturés ou fauchés du *Koelerion albescentis* exposés sud-ouest. Ces

affinités correspondent à celles observées par Duguy & Baron (1998). Elles expliquent directement la répartition de l'espèce sur les marges du marais de Brouage, à proximité des sites de ponte disponibles (Thirion *et al.*, 2004).

Les contrôles d'une femelle gravide 2 fois à 30 jours d'intervalle (Guillon *et al.*, 2005) ainsi que l'observation de certaines femelles en ponte à un mois d'intervalle sur ce secteur (Duguy & Baron, 1998) indiquent probablement la possibilité pour une femelle de réaliser une double-ponte sur une saison d'activité. En revanche, toutes les femelles ne se reproduisent pas chaque année (Ibidem). Si la période d'incubation moyenne dure entre 80 et 90 jours, la majorité des émergences a lieu au printemps suivant l'éclosion (Ibidem). Les nouveaux-nés restent alors au nid en hiver et n'émergent que lorsque les conditions climatiques redeviennent clémentes, ou en fin d'été - début d'automne lorsque les conditions météorologiques le permettent.

d. Déplacements

Si différentes techniques ont permis de caractériser les déplacements de l'espèce, l'essor des suivis télémétriques, auxquels se prête particulièrement bien la Cistude d'Europe, a permis de caractériser finement l'occupation qu'elle fait des territoires étudiés.

L'amplitude des déplacements semble être directement impactée par la structure paysagère et la disponibilité de milieux favorables à chaque phase du cycle biologique de l'espèce. Ainsi, si les distances maximales parcourues au cours d'une période d'activité varient d'ordinaire de quelques centaines de mètres à un ou deux kilomètres, certains individus peuvent parcourir jusqu'à 5 kilomètres à l'image d'une femelle suivie en télémétrie en Gironde (Priol, 2009).

Dans le marais de Brouage, Duguy & Baron (1998) ont réobservé, de 1994 à 1997, des individus marqués dans un périmètre de 50 à 400 m du lieu de marquage dans 88,6 % des cas. Sur cette période, les distances maximales, comprises entre 1000 et 2000 m sont observées chez les mâles. Les distances de réobservations sont significativement supérieures chez ces derniers. A plus long terme (individus marqués entre 1982 et 1986 et recapturés entre 1994 et 1997), 97,3 % des femelles marquées sont réobservées à des distances inférieures à 550 m du lieu de marquage, alors que cette proportion n'est que de 4% chez les mâles. Ce constat laisse penser que les mâles, en se dispersant à long terme assurent le brassage des gènes dans la population alors que les femelles restent sédentaires et réalisent l'essentiel de leur déplacement durant la période de ponte (Ibidem).

Guillon *et al.* (2005), en réalisant un suivi télémétrique sur 3 femelles gravides dans le marais de Brouage, ont mesuré des domaines vitaux compris entre 2,2 et 5,3 ha sur des périodes allant de 33 à 35 jours, au sein desquels les individus ont réalisé entre 1 828 et 4 211 m sur la même période.

e. Répartition

La Cistude d'Europe est une espèce de plaine, absente au-dessus de 600 m, du sud paléarctique occidental. Sa répartition morcelée s'étend du Portugal à l'ouest jusqu'à la mer d'Aral à l'est et du Maghreb au sud aux pays baltes au nord.



Figure 3 : Répartition mondiale de la Cistude d'Europe (Olivier A., 2002)

En France, elle est représentée de manière très morcelée et inégale dans les 2/3 sud du territoire qui n'hébergent souvent plus que des populations relictuelles à l'image de celles présentes en Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon et en Rhône-Alpes. Les principales populations se trouvent désormais dans l'Indre, la Charente-Maritime, l'Aquitaine, le Gers, l'Isère, les Bouches-du-Rhône, le Var et la Corse.

En ex-région Poitou-Charentes, l'espèce est mentionnée dans les 4 départements bien que sa dernière observation dans les Deux-Sèvres remonte à plus de 20 ans. Dans la Vienne, la seule population bien établie semble être limitée aux étangs de la région de Montmorillon. En Charente, les principaux effectifs se trouvent au sud, sur les complexes d'étangs de la Double saintongeaise. Ces populations débordent largement en Charente-Maritime, où elles constituent sans doute, avec celles du marais de Brouage, les principaux bastions départementaux de l'espèce. Notons que la seule donnée insulaire pour l'atlantique français est à attribuer à l'île d'Oléron où la première mention de l'espèce sur l'île remonte à 1904 (Allenou *et al.*, 2001).

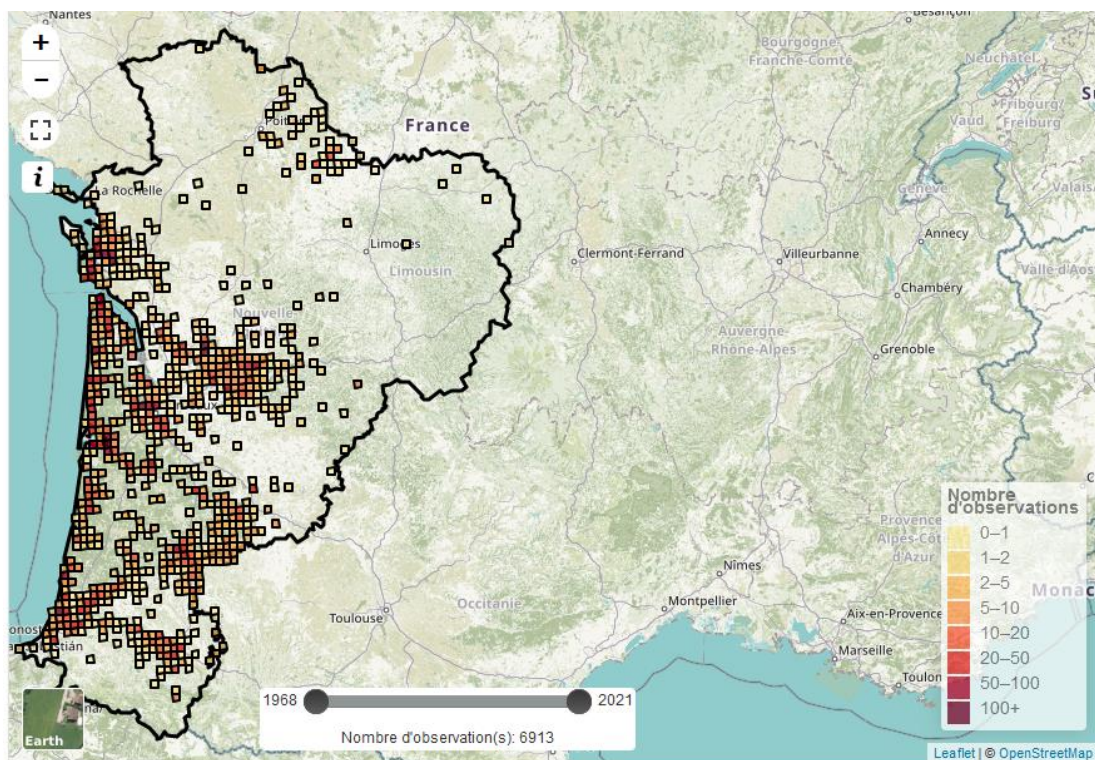


Figure 4 : Répartition de la Cistude d'Europe en Nouvelle-Aquitaine (FNE-NA, 2021)

Dans le marais de Brouage, la distribution spatiale de la Cistude semble être conditionnée par la disponibilité de sites de ponte. Elle est ainsi retrouvée essentiellement sur les marges du marais et à proximité des anciennes îles.

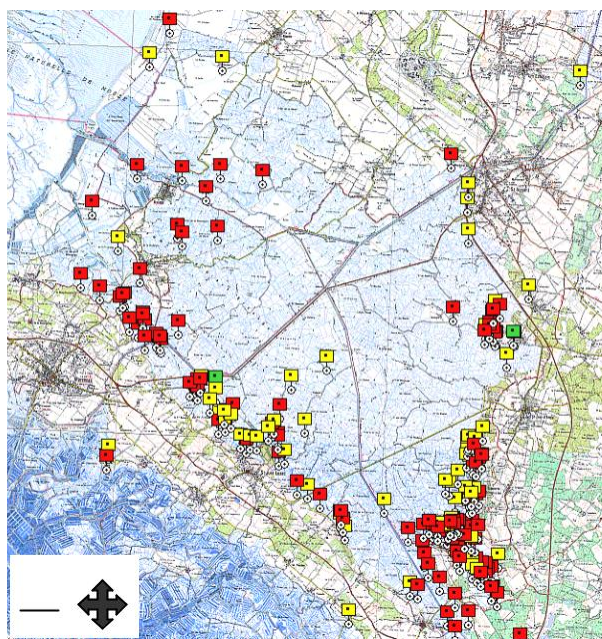


Figure 5 : Localisation des observations de Cistude d'Europe dans le marais de Brouage (Thirion et al., 2004)

f. Statuts de protection

L'espèce bénéficie de statuts de protection, aux échelles internationale, communautaire et nationale.

CB	DH	PN	LRN	LRR	Dét
II	II, IV	oui	LC	NT	PC, 17

Légende :

CB = Convention de Berne, 1979 (II = Annexe II)

DH = Directive Habitats Faune Flore, 1992 (II = Annexe II ; IV = Annexe IV)

PN = Arrêté de protection nationale, 1979

LRN = Liste Rouge Nationale (UICN), 2015 (LC = Préoccupation mineure)

LRR = Liste Rouge Régionale (UICN), 2016 (NT = Quasi-menacée)

Dét = Déterminance en Poitou-Charentes (PC = déterminante en Poitou-Charentes ; 17 = déterminante en Charente-Maritime)

Elle fait l'objet d'un second plan national d'action (PNA) couvrant la période de 2020 à 2029 (le premier couvrant 2011 à 2015) initié par le Ministère de la Transition Ecologique (Société Herpétologique de France, 2020).

3. Méthodologie

Après un repérage permettant de localiser les accès, l'intégralité du réseau de fossés tertiaires de l'UHC de Broue concerné par le curage est prospecté, selon la répartition suivante : tertiaire majeur en 2021 (35 631 mètres), tertiaire majeur et mineur en 2022 (72 757 mètres) ; et tertiaire mineur en 2023 (37 126 mètres).

Réalisée uniquement par temps favorable (ensoleillé), la méthode de prospection choisie consiste à arpenter les tronçons à pied entre le 15 février et le 15 mars :

Depuis la berge non exposée au soleil, l'observateur repère à l'aide de jumelles les Cistudes d'Europe en thermorégulation sur la berge opposée (donc exposée au soleil). Chaque fossé parcouru fait l'objet d'une description sommaire (recouvrement végétation aquatique, recouvrement et type de végétation rivulaire, profondeur de vase, profil des berges, hauteur d'eau, turbidité) consignée dans une fiche terrain (Annexe 1) où sont également notés la date, l'observateur et les conditions météorologiques.

Sur cette même fiche terrain sont notés les contacts de Cistude d'Europe, en précisant l'heure d'observation, le point GPS et la description de la placette de thermorégulation.

Ces prospections sont également l'occasion de noter la présence d'espèces patrimoniales et d'espèces exotiques envahissantes.

En raison de l'absence complète de visibilité, un total de 775 mètres, répartis sur 9 tronçons de 8 à 210 mètres n'ont pu être prospectés.

4. Analyse des données

Les données ont été saisies sur Faune Charente-Maritime.

a. Analyses spatiales

Les données ont fait l'objet d'analyses spatiales à l'aide du logiciel QGIS 2.18.28.

b. Analyses statistiques

Tables exploitées pour les analyses

Parmi l'ensemble des données de suivis disponibles, seules celles présentant toutes les données environnementales renseignées ont été considérées. De ce fait, parmi les 334 données récoltées, seules 279 ont été conservées (83,5% des données initiales). Le jeu de données contient ainsi le nombre d'individus de Cistude d'Europe détecté (cistude), la présence ou l'absence de curage (curage), le recouvrement de la berge par une végétation rase ou un sol nu (vegbasse1), le recouvrement de la berge par une végétation herbacée haute (veggh1), le recouvrement de la berge par une végétation arbustive ou arborée (veghte1), la distance entre le fossé et le pied de coteau le plus proche (distance), la forme de la berge (berge1), les catégories de recouvrement de végétation dans la colonne d'eau (recouvcol1), les catégories de recouvrement de végétation à la surface de l'eau (recouvsurf1), la profondeur de l'eau (eau), la profondeur de vase (vase). La variable berge1 présente 4 niveaux catégoriels : 1 (pente douce), 2 (pente abrupte), 3 (berge verticale) et 4 (pente en devers). Les variables recouvrement de végétation dans la colonne d'eau et à la surface de l'eau présente 5 niveaux catégoriels : 1 (0%), 2 (1 à 25%), 3 (26 à 50%), 4 (51 à 75%) et 5 (76 à 100%).

Impact des variables environnementales

Afin de définir s'il existe un impact des variables environnementales sur la présence de Cistude d'Europe, un modèle linéaire généralisé a été réalisé en s'appuyant sur une loi de Poisson (*fonction 'glm', package 'stats'*) permettant ainsi d'obtenir les meilleurs coefficients de dispersion. Le modèle complet considéré est présenté ci-après :

```
m <- glm(cistude ~ curage + veggh1 + vegbasse1 + veghte1 + distance + berge1 + recouvcol1 + recouvsurf1 + eau + vase, family=poisson(link="log"))
```

Une sélection du meilleur modèle s'appuyant sur un AICc (rapport n/df<40) a été réalisée (*fonction ' dredge', package 'MuMIn'*) et a permis de définir que 6 modèles étaient les plus adaptés ($\Delta < 2$) (Tableau 1).

Tableau 1 : Sélection des 6 modèles les plus adaptés permettant de définir les variables environnementales influençant la présence de Cistude d'Europe

	berge1	distance	eau	recouvsurf1	vase	vegbasse1	veggh1	veghte1	df	AICc	delta	weight
mod1		x	x			x	x	x	6	224,2	0	0,119
mod2	x	x	x			x	x	x	9	224,2	0,05	0,116
mod3	x	x	x	x		x	x	x	13	224,8	0,69	0,084
mod4	x	x	x		x	x	x	x	10	224,9	0,78	0,081
mod5		x	x		x	x	x	x	7	225,1	0,92	0,075
mod6	x	x	x	x	x	x	x	x	14	225,2	1,06	0,07

A partir de ces modèles, une moyenne des meilleurs modèles a été calculée (*fonction 'model.avg', package 'MuMIn'*). Pour les covariables significatives, des calculs de prédiction de valeurs a été réalisés (*fonction 'predict', package 'car'*). Ceux-ci ont ensuite été représentés graphiquement (*fonction 'plot', package 'graphics'*).

Pour l'ensemble des modèles, les résidus ont été visuellement inspectés pour vérifier l'absence de biais systématiques (distribution proche de la normalité et homoscedasticité). Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (Version 1.2.1335 – ©2009-2019), en utilisant un seuil de significativité de 5%.

III RESULTATS

1. Observations de Cistude d'Europe

En 2021, 39 individus ont été observés sur l'UHC de Broue entre le 15 février et le 15 mars. Parmi eux, 20 observations ont été réalisées sur les fossés suivis et dans le cadre du protocole décrit. 19 individus ont été observés de manière aléatoire, dont 9 sur la bande tampon de 200 mètres autour des pieds de coteaux, 7 sur le réseau mineur, et 2 sur des baisses.

En 2022, sur la même période, 65 individus ont été observés sur l'UHC de Broue. Parmi eux, 28 observations ont été réalisées sur les fossés suivis et dans le cadre du protocole décrit. 37 individus ont été observés de manière aléatoire : 2 individus ont été observés sur le réseau primaire, 1 a été vu sur une baisse, 23 individus ont été vus dans la zone tampon des 200 mètres au pied de coteau. Les 11 individus restants ont été observés sur le réseau tertiaire non concerné par la campagne de curage 2021-2022. Notons que si le nombre d'individus observés en 2022 est nettement supérieur à celui observé en 2021, cela s'explique du fait du linéaire parcourus qui, en 2022, représente plus du double par rapport à 2021 (35 631 mètres en 2021, contre 72 757 mètres en 2022).

La carte suivante présente l'ensemble de ces observations.

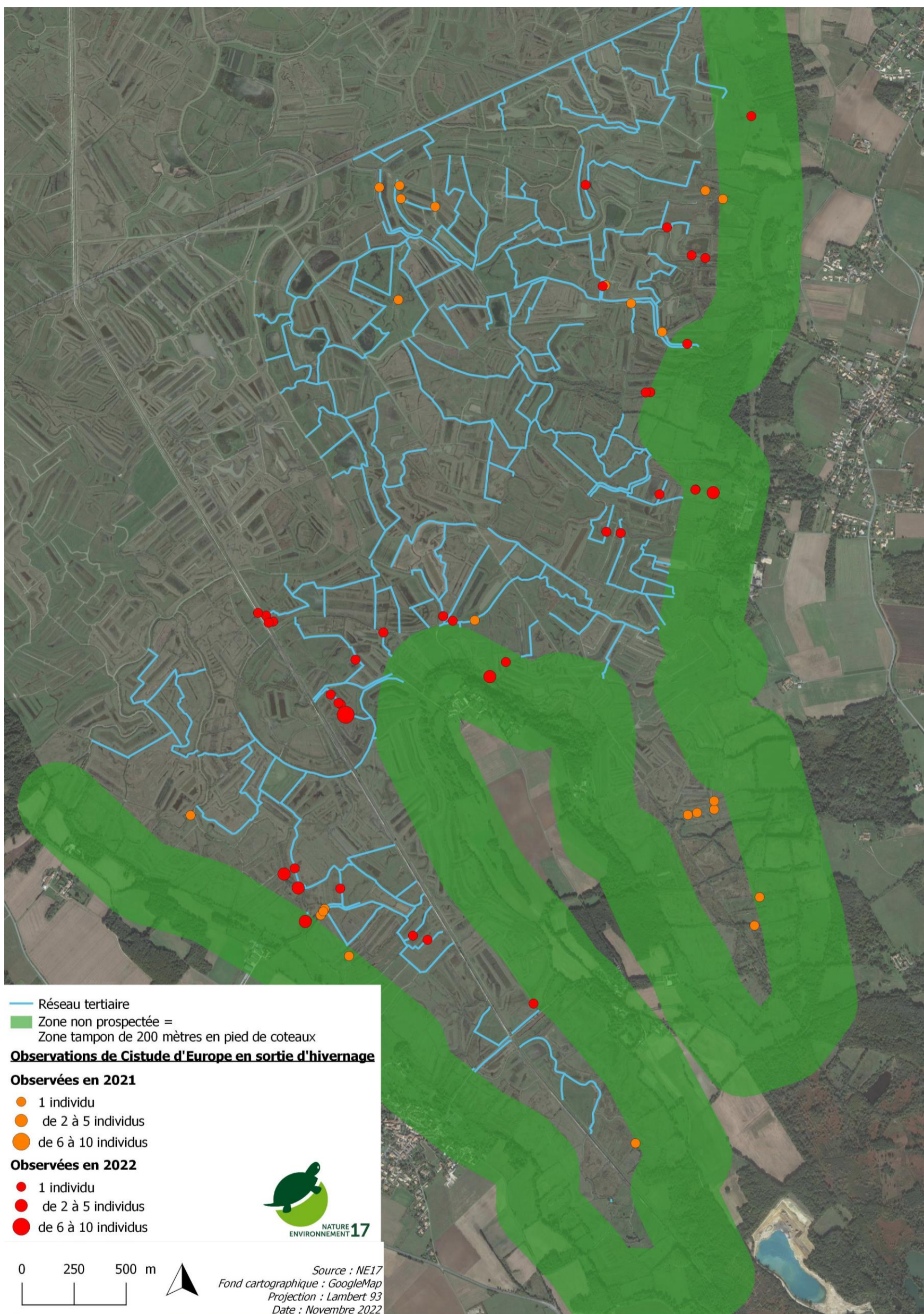


Figure 6 : Localisation des observations de Cistude d'Europe sur le réseau de fossés tertiaire, visé par le programme de curage 2021-2022

2. Influence des facteurs environnementaux

Les données récoltées en 2021 ont déjà permis de montrer l'importance de certains facteurs dans la distribution des données de présence de la Cistude. Le jeu de données de 2021 et 2022, plus conséquent, permet d'ajuster ces hypothèses.

Certaines variables environnementales semblent influencer la présence de Cistude d'Europe sur les sites d'étude. Il s'agit, par ordre d'importance, de la distance au coteau, de la structure de la végétation sur les berges et de la profondeur d'eau (Tableau 2).

Les variables telles que le curage en année N-1, l'allure des berges, le recouvrement végétal de la colonne d'eau et de la surface ainsi que la profondeur de vase ne semblent pas présenter d'influence sur la présence des Cistudes d'Europe.

Tableau 2 : Estimate, erreur standard et p-value (***) $p < 0.01$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, $p \pm 0.05$) des variables explicatives de la présence de Cistude d'Europe par moyenne des meilleurs modèles statistiques

	Estimate	Erreur standard	p-value	
distance	-6.257e-03	1.324e-03	2.50e-06	***
eau	-1.887e-02	8.666e-03	3.01e-02	*
vegbasse1	5.307e-02	1.816e-02	3.62e-03	**
veggh1	6.635e-02	1.971e-02	8.03e-04	***
veghte1	7.486e-02	1.729e-02	1.63e-05	***
berge12	-7.997e-01	7.590e-01	0.29	
berge13	-3.762e-01	5.391e-01	0.48	
berge14	-9.996e+00	1.197e+03	0.99	
recouvsurf11	4.644e-02	2.031e-01	0.81	
recouvsurf12	-4.921e+00	1.212e+03	0.99	
recouvsurf13	-4.717e+00	1.366e+03	0.99	
recouvsurf14	-4.812e+00	1.729e+03	0.99	
vase	-2.599e-03	4.600e-03	0.57	

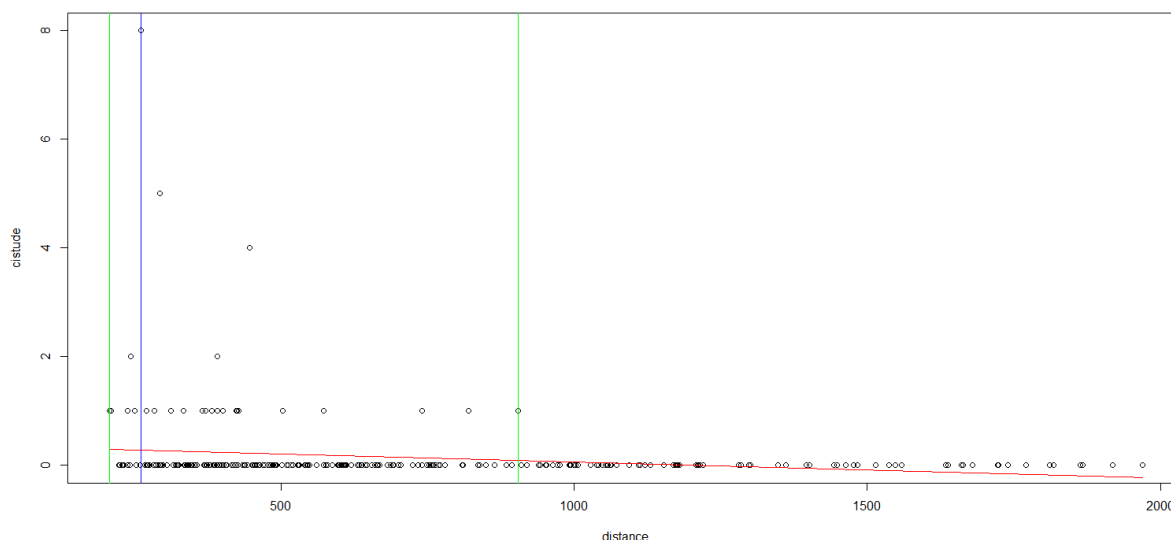


Figure 7 : Nombre d'individus prédictivement observé en fonction de la distance entre le fossé d'étude et le pied de coteau (min=0m ; max=904m, opti=261m)

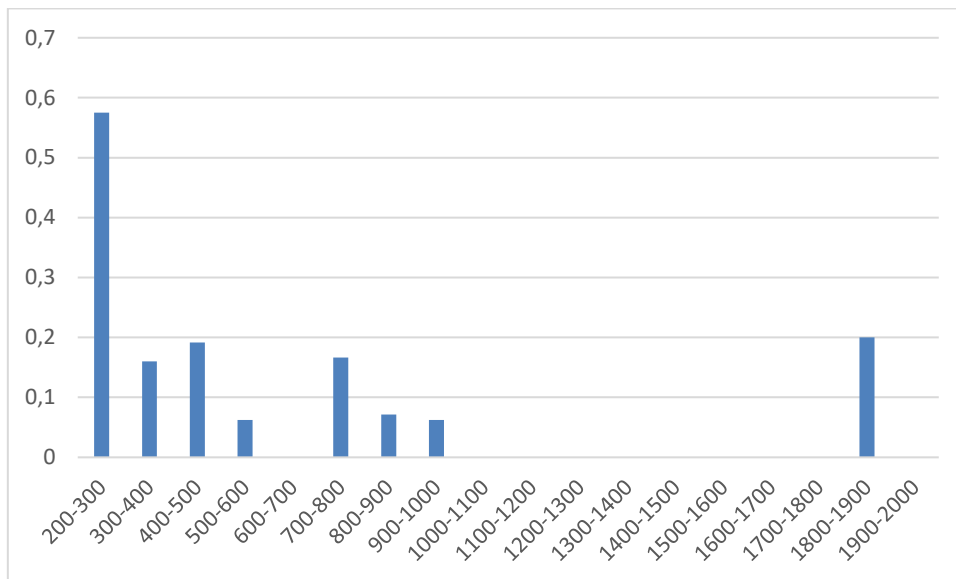


Figure 8 : Nombre d'individus de Cistudes rapporté au linéaire suivi en fonction de la classe de distance au coteau

La détection d'individus semble la plus probable lorsque la distance entre le fossé et le pied de coteau est compris entre 0 et 904m (Figure 7). Cependant ces résultats n'intègrent aucune donnée à moins de 200 mètres des coteaux. Le graphique Figure 8 montre également l'importance de la distance au coteau pour expliquer la distribution des individus.

Sur les 48 individus observés dans le cadre des prospections protocolées (20 en 2021 et 28 en 2022), 40 (soit plus de 83 %) l'ont été à moins de 500 mètres des coteaux.

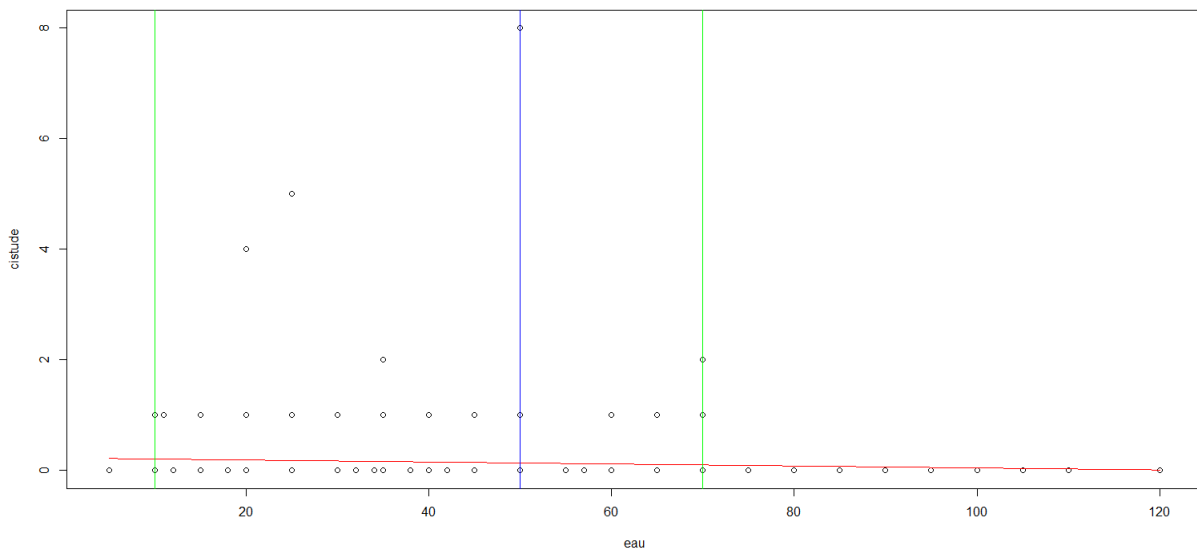


Figure 9 : Nombre d'individus prédictivement observé en fonction de la profondeur d'eau (min=10cm, max=70cm, opti=50cm)

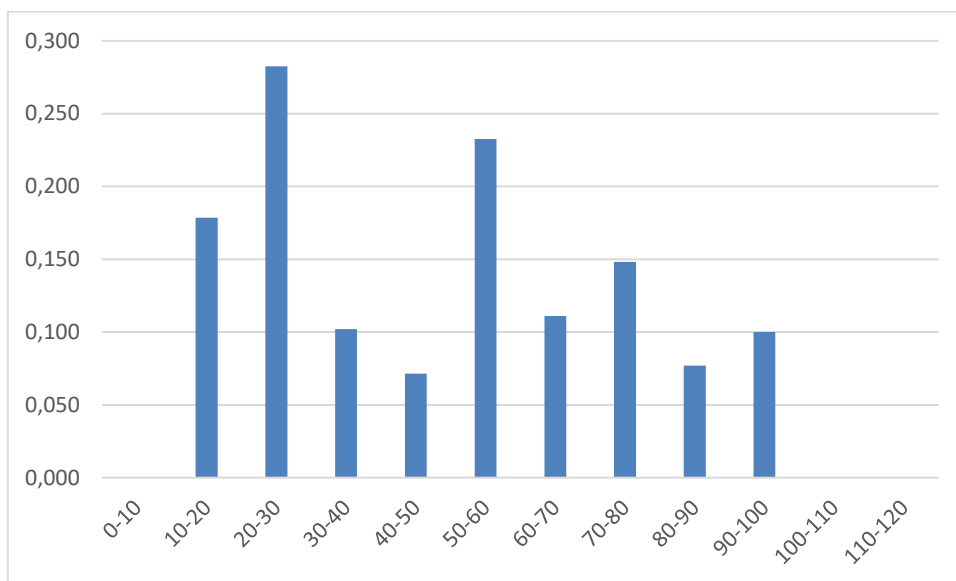


Figure 10 : Nombre d'individus de Cistudes rapporté au linéaire suivi en fonction de la classe de profondeur d'eau

La profondeur d'eau la plus favorable à la présence d'individus est de 50cm. Malgré tout, des individus peuvent être contactés lorsque celle-ci est comprise entre 10 et 70cm de profondeur (Figure 9). La Figure 10 semble corroborer les résultats mis en avant par les analyses par glm (Figure 9).

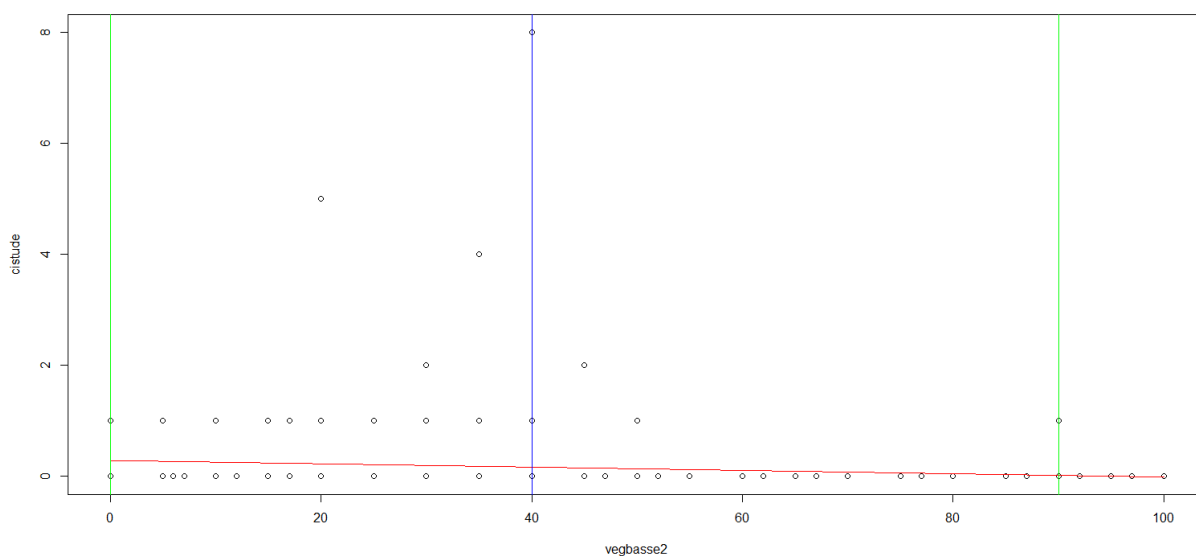


Figure 11 : Nombre d'individus prédictivement observé en fonction de la surface de végétation rase ou sol nu (min=0%, max=90%, opti=40%)

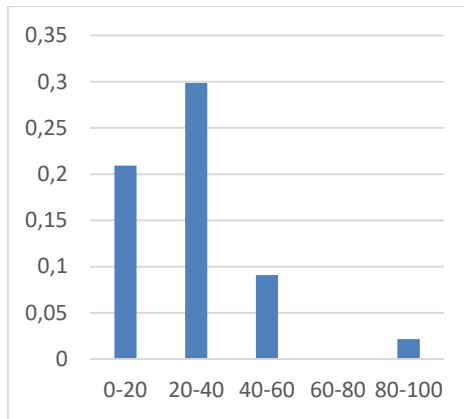


Figure 12 : Nombre d'individus de Cistudes rapporté au linéaire suivi en fonction de la classe de recouvrement de la berge par un sol nu ou une végétation rase

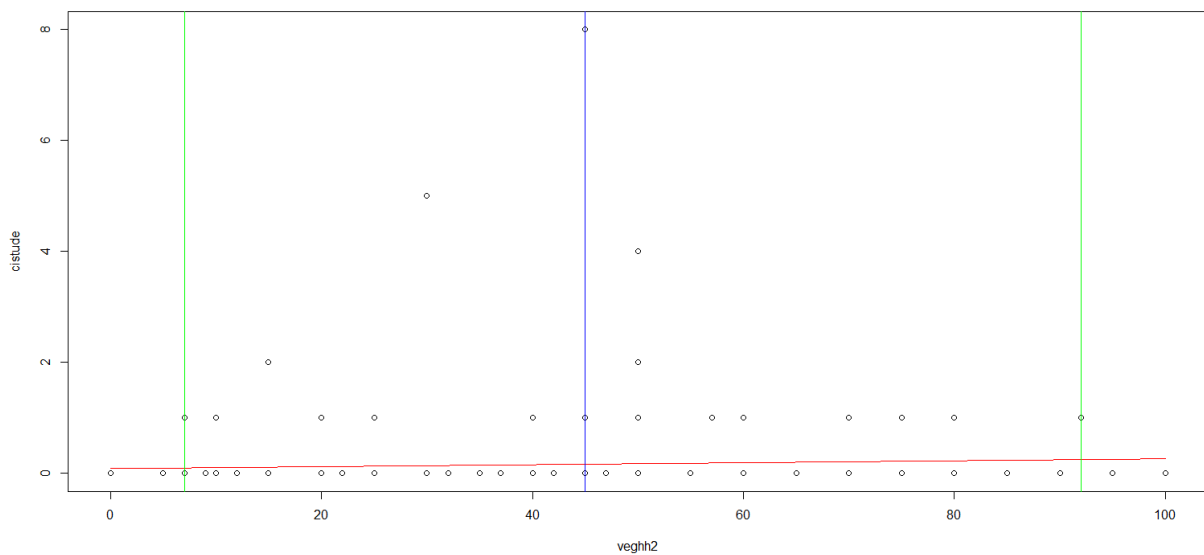


Figure 13 : Nombre d'individus prédictivement observé en fonction de la surface de végétation herbacée haute (min=7%, max=92%, opti=45%)

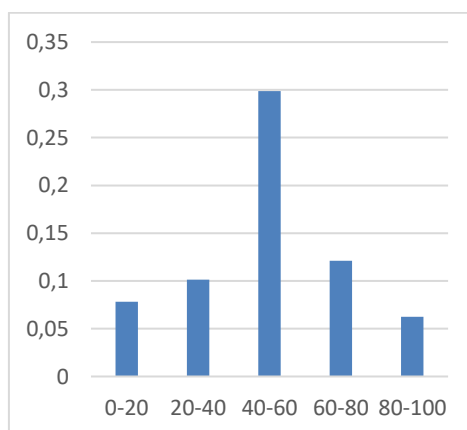


Figure 14 : Nombre d'individus de Cistudes rapporté au linéaire suivi en fonction de la classe de recouvrement de la berge par une végétation herbacée haute

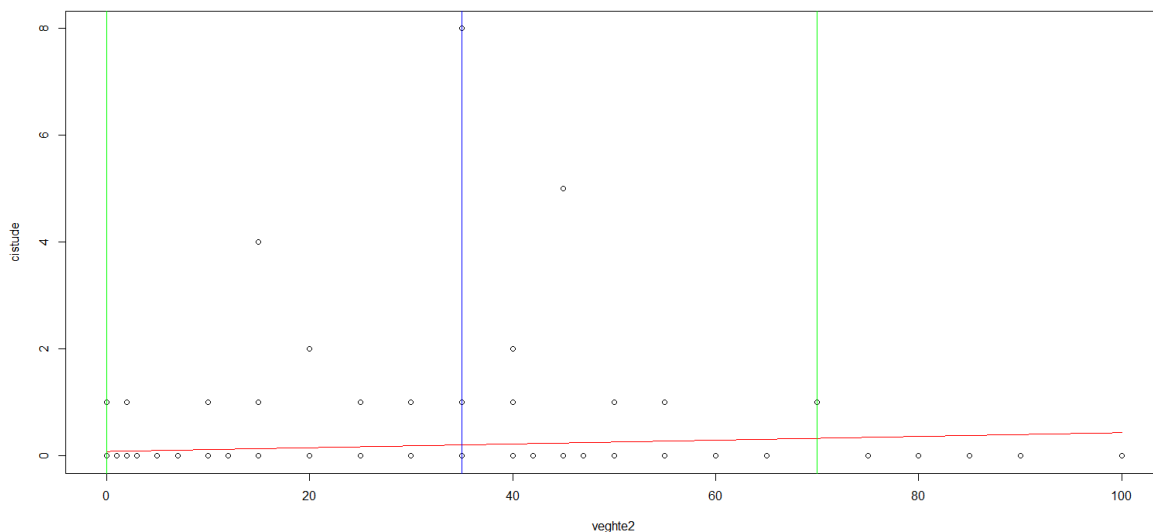


Figure 15 : Nombre d'individus prédictivement observé en fonction de la surface de végétation arbustive ou arborée (min=0%, max=70%, opti=35%)

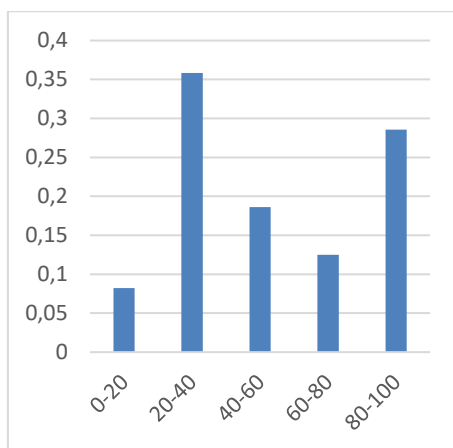


Figure 16 : Nombre d'individus de Cistudes rapporté au linéaire suivi en fonction de la classe de recouvrement de la berge par une végétation arustive ou arborée

La structure de végétation semble également expliquer la répartition des Cistudes d'Europe en sortie d'hivernage. Les résultats indiquent clairement une relation positive entre le nombre de cistudes et le recouvrement en végétation herbacée haute, avec un optimale de 45% (Figure 13), ou en végétation arbustive ou arborée, avec un optimale de 35% (Figure 15Figure 13).

En revanche, les résultats obtenus pour les berges à sol nu ou végétation rase semble moins évidents à interpréter. En effet, si cette variable semble avoir une relation positive avec les observations de cistudes selon le Tableau 2, les prédictions (Figure 11) ainsi que le graphique (Figure 12) montrent au contraire une relation négative.

3. Evaluation des enjeux en sortie d'hivernage

La Figure 17 indique les potentialités d'occupation des fossés par la Cistude d'Europe **en hiver** définis à partir des observations réalisées et présentées en Figure 6.

Ces potentialités ont été définies de la façon suivante :

- Présence avérée de Cistude d'Europe sur le fossé ;
- Présence très probable : Fasciés de végétation sur berges favorables et présence avérée de Cistude d'Europe dans un fossé connecté à proximité immédiate ;
- Présence potentielle : Fasciés de végétation sur berges favorables, sans contact de Cistude dans les fossés connectés ;
- Présence moins probable : Fasciés de végétation sur berges peu favorable, sans contact de Cistude dans les fossés connectés.

La Figure 18 est réalisée à partir des potentialités de présence présentée en Figure 17, des connexions que peuvent représenter les fossés vers les sites de pontes avérés ou potentiels (coteaux ouverts à proximité) et des distances aux coteaux.

Cette évaluation s'est établie de la façon suivante :

- Enjeux très forts : Présence avérée, ou Présence très probable et connexion entre des données de présence et des sites de ponte, ou à moins de 300 mètres du coteau.
- Enjeux forts : Présence très probable ou Présence potentielle et connexion entre des données de présence et des sites de ponte, ou à moins de 400 mètres du coteau.
- Enjeux moyens : Présence potentielle ou Présence peu probable et connexion entre des données de présence et des sites de ponte
- Enjeux faibles : Présence peu probable

L'UHC de Broue, ceinturée par les coteaux présente de forts enjeux pour la préservation des sites d'hivernage de la Cistude d'Europe. On constate ainsi que la moitié sud de l'UHC est quasiment totalement concernée par des enjeux forts à très fort, en raison notamment de l'importante zone de coteau et de ponte que représente la presqu'île de Broue.

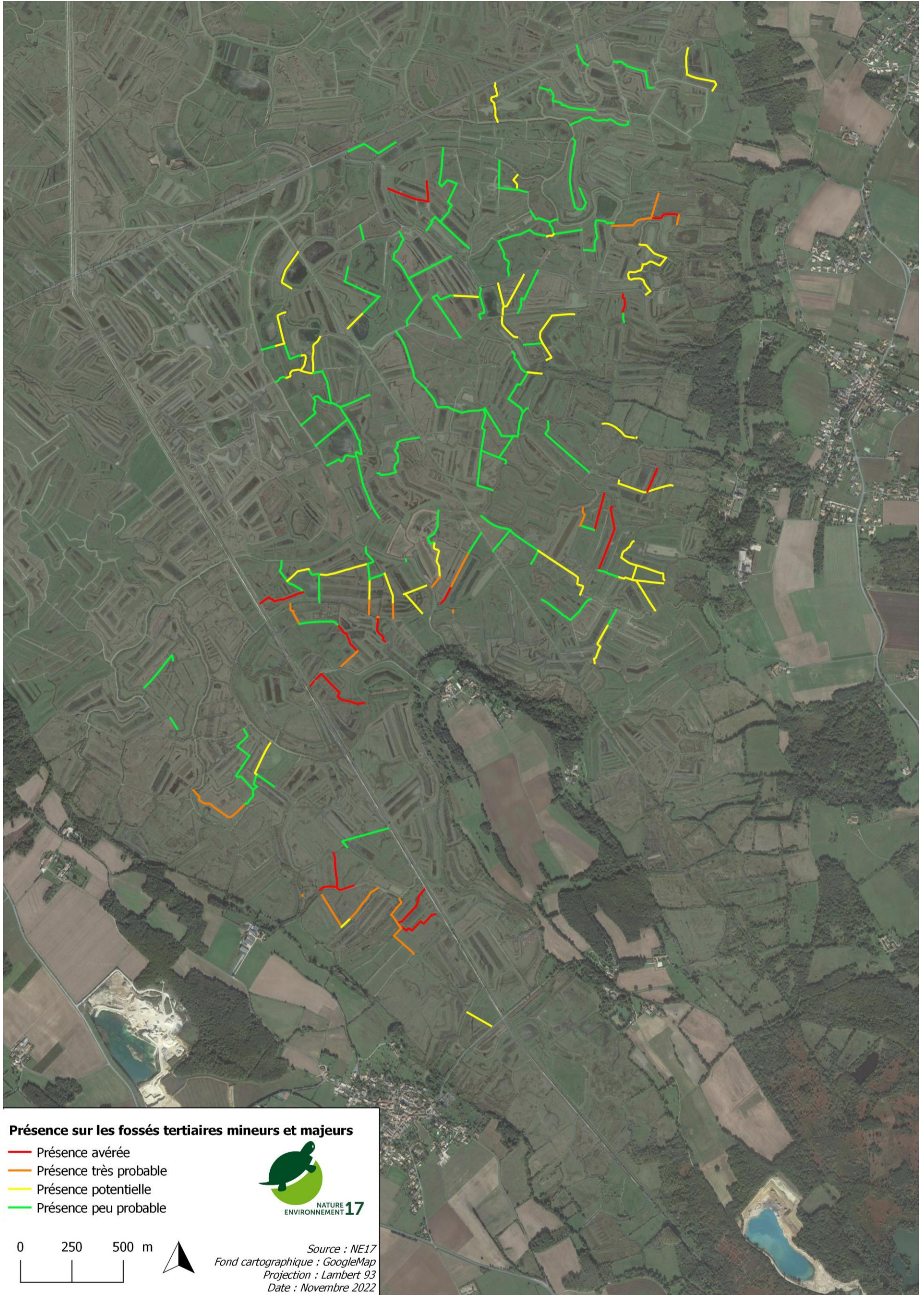


Figure 17 : Potentialités de présence en hiver sur le réseau de fossés tertiaire majeur et mineur, établies selon les observations de Cistudes d'Europe

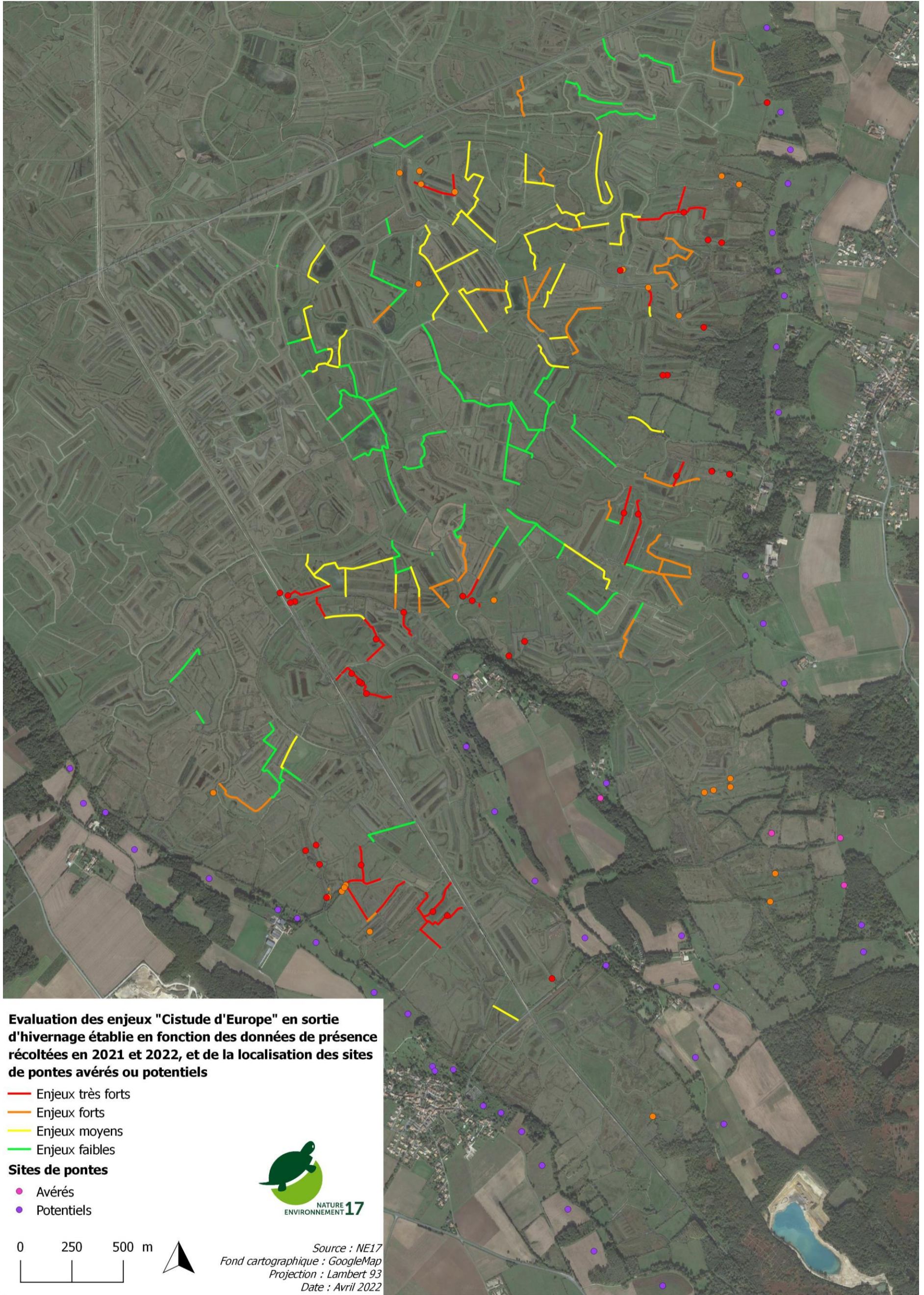


Figure 18 : Evaluation des enjeux liés à la Cistude d'Europe, établie selon les potentialités de présence en hiver, les connexions avec les sites de pontes avérés ou potentiels et la distance au coteau.

IV DISCUSSION

1. Influence des facteurs environnementaux

Les résultats obtenus montrent cette année encore l'importance de la distance au pied de coteau comme variable explicative de la distribution de la Cistude d'Europe sur l'UHC de Broue en sortie d'hivernage. Les sites de pontes étant localisés sur les coteaux, on peut aisément en déduire que cette répartition s'explique par l'économie énergétique que fait la Cistude d'Europe en s'éloignant peu de ses sites de pontes. Une analyse de la sex-ratio en fonction de la distance au coteau permettrait très probablement de valider ou non cette explication, s'attendant alors à ce que les individus les plus proches du coteau soient des femelles, et les individus les plus éloignés des mâles. Cependant, l'étude menée ne permet pas d'apporter cette information. On constate la présence de la Cistude jusqu'à des distances de 904 mètres, avec des effectifs optimums autour de 261 mètres, soit la première classe de distance étudiée, qui va de 200 à 300 mètres (pas de prospection entre 0 et 200 mètres). Il semblerait donc que la zone de sensibilité définie à dire d'experts entre 0-200 mètres sur laquelle la non-intervention était initialement convenue soit sous-estimée. A l'avenir il pourra être considéré une zone de sensibilité allant jusqu'à 300 mètres, voire 500 mètres (83 % des individus observés entre 200 et 500 mètres).

Le second facteur le plus déterminant pour expliquer la répartition de la Cistude d'Europe est la structure de la végétation sur les berges. Les effectifs de Cistudes contactés augmentent avec la présence d'herbacées hautes et de végétation arbustive et arborée. Le poids du recouvrement par une végétation arbustive ou arborée est toutefois plus important que celui de la végétation herbacée haute. On constate donc que les Cistudes affectionnent des structures végétales plutôt fermées ou mixtes, avec un recouvrement idéal de 35 % en végétation arbustive ou arborée et de 45 % en végétation herbacée haute. Parmi les végétations herbacées hautes, il aurait été intéressant de séparer les phragmitaies du reste de la catégorie, afin de conforter ou non le ressenti des experts qui tendent à penser que la phragmitaie plait tout particulièrement aux Cistudes. Si cela venait à être confirmé, il est probable que les autres types de végétation herbacées hautes revêtiraient une significativité moins importante (ou ne seraient plus significatif du tout).

Si le recouvrement par un sol nu ou une végétation rase est une variable significative, les analyses par glm montrent une relation positive avec la Cistude d'Europe selon le Tableau 2 et négative selon la Figure 11 et la Figure 12. Dans le premier cas, on peut facilement supposer que la faible végétalisation de la berge implique une meilleure détection des individus par l'observateur. Il s'agit donc d'un biais observateur. Dans le second cas, les résultats corroborent ceux impliquant la végétation herbacée haute et arbustive ou arborée. Même si le modèle ne semble pas démontrer de colinéarité entre les variables de recouvrement par la végétation sur berge, celles-ci sont toutefois liées.

Un couvert végétal plus important permet à la cistude de se dissimuler plus facilement, lui offrant donc une protection supérieure contre d'éventuels prédateurs. La proximité immédiate de zones ombragées et ensoleillées, comme on peut le trouver en pied de berges fortement végétalisées, peut également être un atout pour une régulation thermique plus efficace ou plus précise. En outre, les secteurs où la végétation est rase ou le sol nu sont souvent le fait de l'impact du ragondin, qui a

également un impact sur la turbidité, sur la qualité de l'eau et sur la présence d'herbier aquatiques. On peut émettre l'idée que, dans ce cadre, la ressource alimentaire dans le milieu aquatique est plus faible et moins détectable (en raison de la turbidité), ce qui pourrait également influencer la répartition des individus de Cistude d'Europe.

L'augmentation importante de la taille de l'échantillon pour ce suivi 2022 a permis de mettre en avant la hauteur d'eau comme une variable dont l'effet est significatif sur la répartition de la Cistude d'Europe, variable qui n'étaient pas ressortie comme significative l'an passé avec un échantillon plus faible. Ainsi, selon nos résultats, la probabilité d'observer une cistude en sortie d'hivernage diminue avec l'augmentation de la hauteur d'eau, sauf dans le cas où celle-ci est inférieure à 10 cm, ce qui semble cohérent avec le caractère aquatique de l'espèce. Ainsi, il semblerait que la Cistude d'Europe affectionne les milieux aquatiques avec une colonne d'eau comprise entre 10 et 70 cm : à partir de 10 cm, il est probable que la circulation de la cistude dans le milieu aquatique soit facilitée. En sortie hivernale, il est également possible que la température de l'eau soit un facteur important pour la cistude, ce qui expliquerait sa préférence pour de faibles colonnes d'eau, chauffant plus rapidement. La température de l'eau pourrait donc être un facteur intéressant à mesurer pour vérifier cette hypothèse. Une autre explication pourrait être liée à un biais observateur : les fossés avec les colonnes d'eau les plus faibles sont également ceux les moins larges, impliquant potentiellement une détectabilité accrue du fait de la distance entre l'individu et l'observateur.

2. Evaluation des enjeux

Les cartes présentées s'appuient sur le suivi mené en février-mars 2022 et sur les résultats du suivi de 2021. Pour autant, la méthodologie mise en place pour évaluer ces enjeux et construire ces cartes se base principalement sur les données de présence de la Cistude et ne prend pas en compte conjointement l'ensemble des paramètres identifiés comme influençant la répartition de l'espèce.

Un travail d'analyse plus poussé, prenant en compte un échantillon plus conséquent, permettant ainsi de consolider le modèle, pourrait permettre de modéliser la distribution théorique de la Cistude d'Europe, et donc les enjeux, sur l'ensemble des fossés du marais de Brouage (pour lesquels les données environnementales existent). Cette modélisation pourra être construite l'an prochain suite à l'analyse des résultats des 3 années de suivi.

3. Impact du curage

Le curage en année N-1 ne semble pas être un facteur déterminant la répartition de la Cistude d'Europe en année N selon nos analyses. Cependant l'échantillon mériterait d'être augmenté pour avoir une visibilité plus fiable de l'impact de cette variable.

Le curage du fossé implique une réduction du recouvrement par la végétation et donc une visibilité accrue pour l'observateur. Dans ce contexte, il est probable qu'un biais observateur puisse influencer fortement les résultats, une détectabilité plus forte pouvant potentiellement compenser un impact négatif du curage. Nous tenterons d'éclaircir cette hypothèse l'an prochain avec un échantillonnage plus conséquent.

Outre les données de cistudes, d'autres paramètres nous permettent de mettre en avant l'impact du curage sur l'habitat d'hivernage de la Cistude d'Europe :

Comme nous l'avons vu précédemment, la Cistude d'Europe sélectionne des fossés à proximité des coteaux, pour lesquels la colonne d'eau est relativement faible et la végétation rivulaire mixte ou fermée. Or les opérations de curage impactent deux de ces paramètres, à savoir la hauteur d'eau et la structure de la végétation sur les berges. D'une part, malgré les précautions prévues dans le cadre du chantier de curage, en lien avec les préconisations faites par les experts environnementaux, la végétation rivulaire est impactée par le curage au moins sur l'une des deux berges, pour des questions d'accès au fossé par les pelles mécaniques, réduisant fortement le taux de fermeture du milieu. D'autre part, l'objectif du curage est d'augmenter la capacité des fossés à stocker de l'eau, impliquant de fait une hauteur d'eau plus conséquente dans les fossés.

De par ces deux éléments on peut logiquement conclure à un probable impact négatif du curage sur l'habitat d'hivernage de la Cistude d'Europe.

V CONCLUSION

Cette seconde année de suivi, avec un échantillon étudié plus conséquent, apporte des informations très intéressantes quant aux paramètres environnementaux qui pourraient expliquer la répartition de la Cistude d'Europe sur l'UHC de Broue du marais de Brouage. La distance au coteau (et donc aux sites de pontes), suivi par la structure de la végétation et la hauteur d'eau dans le fossé sont les paramètres identifiés comme influençant significativement cette répartition, l'espèce semblant sélectionner des fossés à proximité du coteau, avec une structure de végétation fermée ou intermédiaire et une hauteur d'eau relativement faible.

Si le curage ne s'est pas révélé comme paramètre déterminant la distribution de l'espèce pour ce premier suivi après travaux, l'effet que ces travaux d'entretien a sur le fasciés des fossés (augmentation de la hauteur d'eau, ouverture de la végétation sur les berges) permet toutefois de supposer un impact négatif du curage sur l'habitat d'hivernage de l'espèce.

Comme l'an passé, cette étude a permis d'identifier les secteurs présentant les plus gros enjeux pour l'hivernage de la Cistude d'Europe. Ce travail a été réalisé sur la base du suivi menés en février-mars 2022 et sur les résultats du suivi de 2021. La méthodologie se base principalement sur les données de présence de la Cistude et ne permet pas de prendre en compte conjointement l'ensemble des paramètres identifiés comme influençant la répartition de l'espèce. L'année 2023, ajoutant une année de suivi et surtout permettant d'augmenter l'échantillon de fossé ayant été curés, permettra d'ajuster le modèle et d'éventuellement construire une carte de distribution potentielle de la Cistude d'Europe sur l'UHC de Broue au moins, prenant en compte l'ensemble des paramètres environnementaux influents.





BIBLIOGRAPHIE

- ALLENOU O., DUGUY R., JOURDE P., THIRION J.-M., 2001. Nouvelles données sur la répartition de la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (Linné, 1758) en Charente-Maritime. *Annales de la Société de Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 9(1) : 95-102.
- DUGUY R., BARON J.P., 1998. La Cistude d'Europe, *Emys orbicularis*, dans le marais de Brouage (Charente-Maritime) : cycle d'activité, thermorégulation, déplacements, reproduction et croissance. *Annales de la Société de Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 8(7) : 781-803.
- FNE-NA, 2021. Reptiles et Amphibiens de Nouvelle-Aquitaine. La Cistude d'Europe [En ligne]. Disponible sur : <https://ra-na.fr/atlas/espece/77381>. Consulté le 11 octobre 2021.
- FRITZ U., 1998. Introduction to zoogeography and subspecific differentiation in *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). *Proceedings of the EMYS Symposium, Dresden 96. Mertensiella*, 10 : 1-27.
- FRITZ U., ANDREAS B., 2000. Distribution, variety of forms and conservation of the European pondturtle. *Proceeding of the Second Symposium on Emys orbicularis, Le Blanc. Chelonii*, 2 : 23-26.
- GUILLOM M., THIRION J.-M., BEAU F., LUCIAT C., 2005. Ecologie d'une population de Cistude d'Europe vivant le long d'une marche boisée du Marais de Brouage. *Annales de la Société de Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 5(9) : 467-476.
- NAULLEAU G., 1991. Study of terrestrial activity and aestivation in *Emys orbicularis* (Reptilia, Chelonia) using telemetry. *Proceeding 6th ordinary general meeting of the Societas Europaea Herpetologica, Budapest. Korsos, Z. et Kiss, I. (eds) : 343-346.*
- OLIVIER A., 2002. Ecologie, traits d'histoire de vie et conservation d'une population de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Camargue. *Diplôme d'EPHE, laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, Montpellier*, 165 p.
- PARDE J.M., HURSTEL, LEFEVRE A.-C., 2000. Etude éco-éthologique de la Cistude d'Europe dans le Bas-Armagnac (Gers, France), en vue de sa conservation. In Buskirk, J. & Servan, J., *Proceeding of the IInd Symposium on Emys orbicularis, Chelonii*, 2 : 73-78.
- PRIOL P., 2009. Guide technique pour la Conservation de la Cistude d'Europe en Aquitaine, *Cistude Nature*, 166 p.
- ROQUES O., 2014. Suivi d'une population de Cistude d'Europe dans le marais de Brouage 2010-2013. Caractérisation et évaluation de l'impact des curages en marais doux. Charente-Maritime, Poitou-Charentes. *Nature Environnement* 17. 44p.
- SOCIETE HERPETOLOGIQUE DE FRANCE, 2020. Plan national d'actions en faveur de la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) 2020-2029. Société herpétologique de France. Ministère de la Transition Ecologique. 105 p.

THIRION J.-M., BEAU F., DUGUY R., MONADIER B., KRISCHNAKUMAR M., GLASSON P.-J., 2004. Localisation et caractérisation des sites de ponte de la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), dans le Marais de Brouage, en vue d'appliquer une gestion conservatrice. Nature Environnement 17, La Rochelle, 55p.

THIRION JM., 2020. Opérations de curage et conservation de la Cistude d'Europe [En ligne]. Objectif Biodiversité. Communauté d'agglomération Rochefort Océan. Disponible sur : <http://lashf.org/wp-content/uploads/2016/04/Curage-cistude-brouage.pdf>. Consulté le 11 octobre 2021.

ANNEXE 1

Hivernage Cistude - Fiche terrain					
Description habitat - Points d'observation			Description habitat - Points d'observation		
Point n° :			Point n° :		
Date :		Obs :	Date :		Obs :
Photo n° :		Heure :	Photo n° :		Heure :
<u>Données météorologiques</u>			<u>Données météorologiques</u>		
Température :		Nébulosité :	Température :		Nébulosité :
Vent	Vitesse :	Pluie : oui / non	Vent	Vitesse :	Pluie : oui / non
	Direction :			Direction :	
<u>Description fossé</u>			<u>Description fossé</u>		
Epaisseur vase :		Hauteur d'eau :	Epaisseur vase :		Hauteur d'eau :
Turbidité : oui / non			Turbidité : oui / non		
Recouvrement (%) de la végétation aquatique en surface :			Recouvrement (%) de la végétation aquatique en surface :		
Recouvrement (%) de la végétation aquatique dans la colonne d'eau :			Recouvrement (%) de la végétation aquatique dans la colonne d'eau :		
	Berge A (observateu	Berge B (opposée)		Berge A (observateu	Berge B (opposée)
Sol nu :	%	%	Sol nu :	%	%
Végétation rase :	%	%	Végétation rase :	%	%
Herbacées hautes :	%	%	Herbacées hautes :	%	%
Arbustive (-3m) :	%	%	Arbustive (-3m) :	%	%
Arborée :	%	%	Arborée :	%	%
Profil berges	 (A)	 (B)	 (C)	 (D)	
Placettes de thermoregulation :	0 / <5 / >5 / >10		Placettes de thermoregulation :	0 / <5 / >5 / >10	
Remarques / types de placettes :			Remarques / types de placettes :		